

DOI: <http://dx.doi.org/10.25181/jppt.v20i2.1607>

Jurnal Penelitian Pertanian Terapan Vol. 20 (2): 107-117

<http://www.jurnal.polinela.ac.id/JPPT>

pISSN 1410-5020

eISSN 2047-1781

Berbagai Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Produk Pati Ubi kayu Fermentasi

Various Factors Affect The Quality Of Fermented Cassava Starch

Bambang Triwiyono, Abdurachman*, dan Aton Yulianto

Balai Besar Teknologi Pati – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

*E-mail : bambang.triwiyono@bppt.go.id

ABSTRACT

Fermented cassava starch is one of modified cassava starch products and used in many countries in several food products. The fresh extracted cassava starch is modified by a process of fermentation and sun drying by means the traditional methods. Several works have shown that fermentative process alters the starch granule, giving fermented starch its characteristics are different from those of the native cassava starch. The main difference between fermented cassava starch and native starch reside in the expansion property. Understanding the transformation of physico-chemical properties of cassava starch during fermentation is important for controlling the production processes. This discourse refers to the several works that intend to chemically show the expansion property of fermented cassava starch, considered a chemically and enzymatically modified product, with acidic characteristics, perforated granules and high expansion capacity. Expansion is a natural characteristic of fermented cassava starch, defined as the growth rate of the dough during oven cooking, also referred to as expansion rate. The main aim of this discourse is to get a better understanding how to manage the production processes in order to achieve greater consistency in the quality of sour cassava starch.

Keywords: fermentation, modification starch, sour cassava starch

Disubmit : 20 Mei 2020; Diterima: 17 Juni 2020; Disetujui : 20 Agustus 2020

PENDAHULUAN

Pati dapat diekstraksi dan langsung memiliki nilai komersial sebagai pati alami, tetapi juga dapat dimodifikasi terlebih dahulu untuk meningkatkan sifat fungsionalnya dan memperluas pemanfaatannya. Pati alami adalah pati yang diekstraksi dari bahan baku dalam bentuk aslinya, adapun pati termodifikasi adalah pati yang dimodifikasi melalui proses kimia, fisika dan enzimatis. Pati alami sangat terbatas penggunaannya, karena memiliki beberapa sifat yang tidak dikehendaki dalam pemanfaatannya di bidang industri, seperti resistensi shear yang rendah, retrogradasi yang tinggi dan sineresis. Pada umumnya pati dimodifikasi secara fisika, kimia atau enzimatis bahkan gabungan diantara metoda tersebut (Santana, A.L., Meireles, 2014).

Pemanfaatan pati alami untuk aplikasi industri perlu dilakukan modifikasi, diantaranya modifikasi dengan metoda oksidasi, esterifikasi, hidroksimetilasi, dekstrinasi dan cross-linking. Modifikasi tersebut dilakukan untuk mengatasi keterbatasan sifat fungsional pati alami (misalnya kestabilan polimer terhadap

pemanasan, shear, pembekuan dan penyimpanan). Telah banyak diketahui produk modifikasi pati telah aplikasi di industri pangan, seperti makanan ringan dan roti sebagai pengental dan pengemulsi, dan sektor non pangan sebagai perekat, bahan baku produk *biodegradable* dan *sizing agent* pada industri tekstil dan kertas (Santelia and Zeeman, 2011).

Produk – produk inovasi pangan yang ada saat ini berasal dari proses produksi yang telah dikembangkan oleh para ahli pangan sebelumnya. Konversi dari industri tradisional menjadi produk inovatif membutuhkan pemahaman pada proses industri tradisional. Tapioka yang secara alami terfermentasi untuk mendapat produk yang disebut pati ubikayu fermentasi adalah salah satu contohnya (de Sena Aquino *et al.*, 2013). Di beberapa wilayah Amerika Selatan, pati ubikayu fermentasi dikenal dengan nama *polvilho azedo* di Brazil dan *almidon agrio* di Columbia yang artinya tapioka asam, diproduksi secara tradisional dan digunakan untuk membuat roti dan biskuit, dengan karakteristik mengembang (ekspansi), memiliki struktur remah, renggang dan kerak yang renyah. Produk baking tersebut tentu saja tidak mengandung gluten sehingga cocok untuk dikonsumsi oleh penderita gluten intoleran (Haryadi, 2011). Di Indonesia produk pati ubikayu fermentasi digunakan oleh industri kerupuk tradisional dan disiapkan langsung oleh produsen kerupuk dengan cara merendam pati ubikayu alami selama selang waktu tertentu. Selain itu, juga digunakan oleh industri makanan seperti biskuit, roti, kue (cake) yang membutuhkan daya ekspansi yang tinggi. Namun hingga saat ini, industri pengguna menyiapkan sendiri kebutuhan tapioka asamnya (Sari, 2012).

Para Produsen pati ubikayu fermentasi menghadapi kendala untuk mempertahankan kestabilan kualitas produk yang dihasilkan walaupun menggunakan bahanbaku yang berasal dari lokasi yang sama. Hal ini disebabkan karena produsen belum memahami parameter kunci yang dominan mempengaruhi kestabilan kualitas produk. Berdasarkan hal diatas perlu dilakukan kajian pustaka mengenai karakteristik produk, parameter proses fermentasi, perubahan fisikokimia pati selama fermentasi dan modifikasi yang dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja proses fermentasi. Kajian artikel ini untuk membantu bahwa pengendalian proses produksi dengan melakukan standarisasi proses fermentasi dapat mempertahankan konsistensi kualitas produk pati ubikayu fermentasi.

METODE PENELITIAN

Metode kajian dalam penulisan ini dengan meninjau secara komprehensif berbagai literatur yang menguraikan hasil pemahaman tentang transformasi berbagai sifat fisika-kimia pati ubikayu selama proses fermentasi yang penting dilakukan untuk mengontrol proses produksi agar kualitas produk pati ubikayu yang terfermentasi tersebut dapat stabil. Wacana ini mengacu pada beberapa karya tulis yang secara kimiawi bermaksud menunjukkan sifat pemuai pati ubikayu yang difermentasi, yang dianggap sebagai produk spesifik yang dimodifikasi secara kimiawi dan enzimatis, dengan parameter derajat asam, butiran pati yang berlubang, dan kapasitas muai yang tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pati Ubikayu Fermentasi. Pati ubikayu fermentasi merupakan salah satu produk hasil modifikasi pati dengan memanfaatkan proses oksidasi akibat dari aktifitas berbagai macam jenis asam organik yang terbentuk secara alami selama proses fermentasi pada pati ubikayu tersebut, terutama asam laktat, asam asetat, asam butirat, asam propionat, asam format, dan asam suksinat yang dilanjutkan dengan proses pengeringan menggunakan sinar matahari. Namun demikian jenis pati ini dapat dianggap sebagai produk pati yang dimodifikasi secara fisik, karena selama proses fermentasinya tidak ada penambahan bahan kimia apapun. Aktifitas mikroba selama proses fermentasi dan radiasi sinar ultraviolet selama tahap penjemuran dapat memodifikasi struktur granula pati yang menyebabkan berbagai perubahan sifat fungsional dan strukturnya yang sangat berperan terhadap kemampuan ekspansi adonan padat dari produk ketika

dipanggang (Garcia M.C., et al, 2016). Berbeda dengan anggapan di atas, pati fermentasi merupakan suatu produk pati termodifikasi yang mengalami proses kimiawi dan enzimatik. Proses fermentasi dan pengeringan dalam paparan sinar matahari mengubah sifat pati, yang terpenting adalah kemampuan pati menahan uap air dan membuatnya mengembang selama proses pemanggangan. Selain pembentukan berbagai asam organik, terjadi juga berbagai perubahan selama proses fermentasi di antaranya penurunan nilai pH, aktifitas enzim amilolitik, penurunan nilai swelling power, dan peningkatan kelarutan pati produk pati ubikayu hasil modifikasi tersebut (Marcon, M.J.A., et al., 2009).

Pati ubikayu fermentasi merupakan produk fermentasi alami, dan terbentuknya berbagai asam organik dari mikroflora alami selama proses fermentasi, hal ini menjadikan pati ubikayu fermentasi memiliki sifat mengembang yang tidak dimiliki oleh produk modifikasi pati lainnya. Sehingga untuk mengetahui struktur granula pati yang termodifikasi secara utuh sangat penting untuk dipahami, terutama sifat fisikokimianya sehingga diketahui pengaruhnya terhadap beberapa tahap proses aplikasinya di industri (Garcia, et al, 2016).

Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa sinar matahari, terutama pada berkas UV bersinergi dengan pengaruh asam laktat hasil fermentasi merupakan faktor yang sangat penting untuk kemampuan ekspansi pada pati ubikayu fermentasi. Ada tiga faktor utama yang terlibat dalam proses ekspansi selama pemanggangan. Pertama, kekuatan pendorong yang direprentasikan oleh tekanan uap air yang terperangkap yang meningkat dengan adanya kenaikan suhu, merangsang pembentukan gelembung. Kedua, transisi panas yang memodifikasi berbagai sifat thermo-mechanical adonan, yang mempengaruhi perubahan sifat rheologik dan sifat ekspansi adonan. Ketiga, kondisi kehilangan air dalam jaringan remah yang tergantung pada permeabilitas adonan. Hanya dengan mengandalkan total asam produk, tidak cukup untuk meningkatkan nilai ekspansi selama pemanggangan. Reaksi fitokimia yang melibatkan pati ubikayu fermentasi serta adanya gugus karboksilat dalam pati ubikayu yang menyebabkan peningkatan nilai ekspansi produk pati ubikayu fermentasi. Namun pati yang berasal dari sereal, tidak mengalami peningkatan nilai ekspansi seperti pada pati ubikayu ketika diolah dengan perlakuan yang sama (Franco, et al, 2010).

Modifikasi asam melalui proses fermentasi sudah terbukti sebagai salah satu metoda terbaik dalam proses modifikasi berbagai jenis pati. Secara tradisional proses fermentasi pati ubikayu sangat cocok diaplikasikan dengan tujuan untuk menghilangkan racun yang ada dalam umbinya, sebagai proses pengawetan dan untuk pengembangan berbagai produk yang memiliki tekstur viskoelastik yang khas (Penido, et.al., 2018).

Proses Fermentasi dalam Produksi Pati Ubikayu Fermentasi. Produk pati ubikayu fermentasi yang telah dijelaskan di atas merupakan pati ubikayu yang dimodifikasi melalui proses fermentasi dan pengeringan matahari. Karakteristiknya berbeda dengan pati ubikayu alami. Fermentasi alami pati ubikayu terjadi tanpa penambahan inokulum maupun suplemen nutrisi, dan pati ubikayu adalah satu-satunya substrat yang digunakan pada proses biokimia ini, menyebabkan perubahan di permukaan granula, menjadi berlubang-lubang yang disebabkan oleh aktifitas enzim amilolitik, dan perubahan nilai keasaman, pH dan sifat pasta produk tersebut (de Sena Aquino *et al.*, 2013).

Bakteri asam laktat yang mampu memproduksi asam laktat dan memiliki karakter aktifitas amilolitik sangat berperan dalam proses produksi pati tapioka asam. Bakteri asam laktat amilolitik (ALAB) dapat mengubah struktur mikro pati dan menyebabkan perubahan karakteristik dan viskositasnya. (Putri *et al.*, 2011) menyatakan bahwa, pati ubikayu terfermentasi asam laktat akan berkurang daya swelling nya, sedangkan kandungan amilosa akan mengalami kenaikan begitu juga dengan kelarutannya. Peningkatan ukuran molekular amilosa disebabkan hidrolisis dari molekul amilopektin.

Kustyawati, M.E., Sari, M., Haryati, (2013) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui peranan ekstraselular yeast dengan menginokulasikannya ke dalam suspensi pati ubikayu, kemudian difermentasi. Proses fermentasi akan menurunkan rendemen pati dan amilosa. Penurunan kandungan amilosa disebabkan adanya pertumbuhan khamir. Khamir memproduksi enzim ekstraselular amilase dan protease

selama fermentasi, selanjutnya amilase mengaktifkan terjadinya proses amilolisis. Tahap amilolisis ini merupakan hasil kerja enzim yang secara acak memotong ikatan-ikatan glikosidik 1,4-glikosida, akibatnya rantai lurus glikosidik amilosa menjadi rantai pendek. Di sisi lain, seiring waktu fermentasi, terjadi juga penurunan kandungan amilopektin yang ditandai dengan menurunnya nilai kekentalan dan kenaikan sifat kelarutannya. Freire, Ramos and Schwan, (2015) menjelaskan keberadaan yeast bersama dengan BAL dalam proses fermentasi bahan pangan secara alami, adanya dugaan interaksi diantara kedua kelompok mikroorganisme tersebut, yaitu pertumbuhan yeast dalam bahan pangan fermentasi didukung oleh asidifikasi lingkungan akibat metabolisme BAL, dan yeast menyediakan faktor-faktor pertumbuhan seperti vitamin dan senyawa nitrogen terlarut. Adanya ko-kultur yeast dan BAL akan meningkatkan keamanan produk pangan dengan menurunkan nilai pH dan menghasilkan asam-asam organik (diantaranya asam laktat dan asam tartarat) dan memperbaiki aromanya.

Menurut de Sena Aquino *et al.*, (2013) berbagai penelitian mengenai identifikasi pada tahapan yang berbeda dari proses fermentasi, dan penjelasan mengenai sifat ekspansi dari pati ubikayu fermentasi, hanya focus pada industrialisasi prosesnya untuk menghasilkan produk pati ubikayu fermentasi, namun mengabaikan peluang adanya produk lainnya yang dihasilkan dalam proses fermentasi tersebut. Dalam upaya aplikasi dimasa mendatang perlu dipelajari lebih lanjut pembentukan berbagai asam organik dan produk turunan dari amilosa dan amilopektin pada pati ubikayu fermentasi, yang ada di dalam fasa cair. Selain itu juga dalam upaya untuk mendapatkan produk dengan konsistensi kualitas yang lebih baik maka ditentukan berbagai parameter pengukuran yang digunakan untuk mengetahui waktu pemanenan yang optimal sebelum dikeringkan dengan sinar matahari. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, salah satu metoda yang digunakan adalah memonitor fasa cair yang ada dalam proses fermentasi tersebut. Telah disepakati bahwa ketika nilai keasaman (*titratable acidity*) fasa cair pada proses fermentasi telah mencapai 2,0 mL NaOH 0,1M per 10 mL fasa cair, maka pati ubikayu asam siap dipanen untuk dikeringkan, dan hasil akhirnya akan memiliki daya mengembang yang optimal.

Fermentasi alami pada pati ubikayu basah hasil ekstraksi dari umbi ubikayu merupakan teknologi tradisional yang umum digunakan di Amerika Latin. pati ubikayu *sweet* dan pati ubikayu *sour* merupakan produk hasil ekstraksi pati ubi kayu namun berbeda perlakuan untuk waktu fermentasinya. Waktu fermentasi alami pada produk pati ubikayu *sweet* adalah 2 hingga 7 hari, sedangkan pada pati ubikayu *sour* adalah 20 hingga 70 hari sehingga terjadi perbedaan tingkat total asam maksimumnya (1% untuk pati ubikayu *sweet* dan 5% untuk pati ubikayu *sour*). Pati ubikayu *sour* lebih unggul dibandingkan dengan pati ubikayu *sweet* dan pati lainnya ketika diaplikasikan untuk pembuatan produk yang dipanggang karena kemampuan ekspansinya yang unik, tanpa penambahan soda kue dan tanpa gluten. Walaupun pati fermentasi ini diproduksi di pabrik pengolahan pati ubikayu modern, namun kualitas produk yang dihasilkannya tidak homogen, ada keberagaman kualitas fisikokimia dan kualitas sensorinya. Telah diketahui juga bahwa bakteri asam laktat yang digunakan sebagai kultur pada pangan terfermentasi, mampu mengasidifikasi dan meningkatkan aroma serta dapat melindungi pangan dari perkembangan patogen karena terbentuknya senyawa-senyawa antimikroba (Penido, et al., 2018).

Upaya mengembangkan potensi produk samping pada proses produksi pati ubikayu fermentasi, dilakukan analisis identifikasi komunitas mikroba menggunakan metoda konvensional dan teknik molekular yang dikorelasikan dengan produk fermentasi dan sifat rheologisnya pada proses produksi pati tapioka fermentasi secara tradisional (fermentasi alami) yang dilakukan oleh Rebouças, et al., (2016) menyimpulkan bahwa spesies *Lactobacillus*, mikroorganisme yang umumnya ada pada proses fermentasi alami pati ubikayu, menyebabkan asidifikasi produk selama proses fermentasi dan menghasilkan asam-asam organik dan senyawa-senyawa aromatik. BAL untuk genus *leuconostoc* yang dalam pertumbuhannya memproduksi *Lactococcus sp*, akan mempengaruhi aroma dan tekstur produk pati tapioka asam yang dihasilkan. Bakteri dari genus *Bacillus* ditemukan pada akhir proses fermentasi yang disebabkan oleh kondisi pemanenan

produk yang tidak higienis. Untuk yeast, jumlahnya lebih banyak di awal proses fermentasi, sedangkan pada saat proses penjemuran dengan matahari, jumlah yeast makin meningkat. Spesies yeast seperti *Pichia kudriavzevii* dan *Issatchenkia orientalis* terdeteksi pada awal fermentasi, *Geotrichum candidum*, *Clavispora lusitaniae* dan *Rhodotorula mucilaginosa* terdeteksi pada proses fermentasi, *Candida rugosa*, *C. pararugosa*, *C. akabensis*, *Cryptococcus albidus*, *Neurospora crassa* dan *N. intermedia* terdeteksi di produk akhir pati tapioka fermentasi setelah di jemur kering menggunakan sinar matahari.

Penido, et.al., (2018) melaksanakan pengujian aplikasi kultur tunggal strain BAL dan kultur campuran BAL dengan yeast untuk memproduksi pati tapioka fermentasi pada proses fermentasi untuk skala pilot. Pada saat pemilihan kultur starter, beberapa spesies yeast menunjukkan aktifitas amilolitik, dan dapat dipastikan bahwa yeast berperan penting pada tahap awal fermentasi, mendegradasi pati dan menghasilkan gula untuk pertumbuhan BAL dan yeast itu sendiri. Selama pengamatan proses fermentasi untuk skala pilot, *L. Plantarum* sebagai kultur starter memberikan performa yang lebih baik dan mengindikasikan bahwa BAL berperan penting selama proses fermentasi, khususnya untuk kualitas dan tidak terdeteksinya patogen dari produk akhir. Juga pemanfaatan kultur starter dapat mengoptimalkan proses fermentasi dengan berkurangnya waktu fermentasi dan berkontribusi pada standarisasi kondisi fermentasi, sehingga menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik dan diterima oleh konsumen.

Perubahan Fisikokimia Pati Ubikayu Fermentasi. Metoda pengeringan terhadap produk hasil fermentasi mempunyai pengaruh besar pada derajat ekspansi. Radiasi ultraviolet berperan dalam mengubah struktur granula pada pati ubikayu fermentasi, namun hanya mengandalkan sinar matahari tanpa fermentasi atau penambahan asam laktat, tidak dapat meningkatkan derajat ekspansinya. Menurut Marcon.,et al (2009) ada 3 hal yang menjadi perhatian mengenai keunggulan pada sifat ekspansi produk pati ubikayu fermentasi.

- 1). Ekspansi pati ubikayu fermentasi umumnya disebabkan oleh pori/lubang di granula, yang terbentuk akibat dari aksi enzim amilolitik yang pertama kali menyerang daerah amorph granula. Sebagian dari amilosa terdifusi dari granula ke media fermentasi dan depolimerisasi yang menyebabkan terbentuknya daerah-daerah baru yang dapat diserang oleh enzim dibagian dalam granula, sehingga densitas granula akan berkurang. Granula pati tapioka mempunyai kelarutan yang lebih rendah dibandingkan dengan pati tapioka fermentasi karena molekul-molekul amilosa di daerah kristalin tidak terhidrolisis, sedangkan amilosa pada pati ubikayu fermentasi secara partial terlepas. Pelepasan amilosa dari granula pati akan menambah solubilitas dan mengurangi densitasnya.
- 2) Nilai ekspansi juga meningkat seiring penurunan nilai pH. Karena Amilosa terlarut dan produk-produk lain yang terbentuk selama fermentasi pati berperan sebagai sumber karbon untuk proses fermentasi yang menghasilkan asam laktat, asam butirat, asam propionat dan asam-asam lainnya yang menyebabkan terjadinya penurunan pH. Turunnya nilai pH membentuk lingkungan yang ideal untuk modifikasi kimia di granula pati ubikayu fermentasi. Sedangkan gugus-gugus hidroksil yang mendominasi permukaan granula, selama proses fermentasi menjadi gugus karboksil yang berperan mempercepat proses hidrolisis selama proses penjemuran matahari dalam media asam sehingga meningkatkan nilai kerapuhan granula dan potensi terjadinya reaksi sekunder yang melibatkan unit-unit polimer baru.
- 3) Viskositas intrinsik tergantung pada berat molekul polimer pati. Pada proses fermentasi menunjukkan berkurangnya derajat polimerisasi. Asidifikasi dan radiasi matahari (UV) berperan sebagai radikal bebas pada proses depolimerisasi. Sifat ekspansi ketika pemanggangan disebabkan oleh degradasi parsial dari struktur polimer. Depolimerisasi menyebabkan air terdifusi selama pemanggangan, membentuk rongga. Sifat ini tidak teramati pada pati ubikayu, karena gelatinasi pati akan menahan air masuk kedalam matriks polimer ketika adonan dibuat, membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil pati. Sedangkan pada pati ubikayu fermentasi, molekul-molekul yang terhidrolisis (terutama dari amilosa dan

amilopektin) membentuk ikatan hidroksil dengan air, dan asam-asam organik juga mengalami perubahan selama proses pengeringan matahari.

Pengaruh penambahan asam laktat dan iradiasi UV pada pati ubikayu juga telah dikaji untuk mengetahui pengaruhnya pada sifat ekspansi pati ubikayu dibandingkan dengan produk pati ubikayu fermentasi. Franco., et al (2010) melaporkan bahwa, kondisi asam dapat menurunkan viskositas pasta dari pati ubikayu (karena solubilitas amilopektin meningkat dan depolimerisasi parsial amilosa dan terbentuknya struktur network dengan ikatan hidrogen), dan radiasi ultraviolet sebelum dikeringkan secara mekanik, mampu meningkatkan volume ekspansi selama pemanggangan namun struktur kristalin pati ubikayu tidak mengalami modifikasi. Cabang-cabang pada rantai amilopektin yang ada di bagian dalam inti granula terlindungi, hanya cabang rantai luar di bagian amorph yang diserang oleh asam laktat dan cahaya ultraviolet. Berat molekul amilopektin umumnya terjaga dan kandungan amilosa tidak mengalami perubahan.

Untuk menentukan kualitas produk pati ubikayu fermentasi sebelum diaplikasikan sebagai bahan baku produk pangan seperti roti dan cookies, Marcon, et al (2011) merekomendasi prosedur yang mudah untuk melakukan pra-estimasi sifat ekspansinya didasarkan pada analisis pada pati ubikayu fermentasi komersial yang ada di pasaran, dan umumnya menjadi pilihan utama produsen roti. Diketahui bahwa depolimerisasi granula pati pada pati ubikayu fermentasi mengakibatkan turunnya nilai swelling power, reduksi pH berhubungan dengan peningkatan volume ekspansi. Namun tidak ada hubungannya dengan perbandingan kandungan amilosa sebelum dan setelah fermentasi. Maka produk pati ubikayu fermentasi hanya dipengaruhi oleh nilai viskositas intrinsik, swelling power, volume spesifik, pH dan faktor asam. Waktu fermentasi sangat menentukan kualitas ekspansi karena pengukuran nilai faktor asam (nilai pH antara 3,47 dan 4,18), disertai dengan pengukuran kehilangan berat selama pemanggangan (sekitar 40% hingga 45%), keduanya merupakan variabel yang dengan cepat dapat diukur untuk memprediksi kualitas produk pati ubikayu fermentasi.

Alvarado, et al.,(2013) melakukan pengamatan pengaruh genotif ubikayu, lokasi budidaya (berdasarkan ketinggian dari permukaan laut) dan treatment setelah pemanenan (fermentasi dan penjemuran matahari) terhadap *breadmaking ability* menyatakan bahwa pengolahan pascapanen merupakan faktor utama yang menentukan untuk meningkatkan nilai ekspansi, sedangkan faktor genotif ubikayu hanya sedikit pengaruhnya. Proses fermentasi lebih berperan dibandingkan penjemuran matahari terutama pada struktur granula pati, sedangkan gabungan perlakuan fermentasi dan penjemuran matahari memberikan hasil optimal untuk faktor ekspansinya, karena menyebabkan depolimerisasi oksidatif dan penurunan nilai viskositas juga nilai viskositas intrinsiknya. Adapun pengaruh genotif, kandungan amilosa berpengaruh negatif terhadap nilai ekspansi, mungkin karena pembentukan kompleks amilosa-lipid. Oleh karena itu, memilih genotif ubikayu dengan kandungan amilosa yang rendah dapat membantu agar diperoleh *breadmaking quality* yang lebih konsisten.

Pada pengamatan lokasi budidaya, diperoleh hipotesa yang mendasari *breadmaking ability* pada produk pati ubikayu fermentasi, dan dibedakan berdasarkan tingkat molekular dan tingkat supramolekular. Pertama, untuk tingkat molekular, fermentasi dan jemur-kering matahari menyebabkan depolimerisasi, yang membantu peningkatan volume ekspansi disebabkan berkurangnya viskositas dari adonan selama ekspansi. Fenomena lain yang mempengaruhinya adalah perbedaan tingkat pemanggangan, perpindahan massa (contohnya migrasi karbon dioksida atau air dari daerah disekitar matriks untuk mengekspansi gelembung), inersia dan tegangan permukaan. Kedua, pada tingkat supramolekular bahwa terjadi perbedaan derajat depolimerisasi dari lokasi budidaya yang berbeda ketinggiannya. Genotif yang dibudidayakan di daratan rendah, umumnya termodifikasi di bagian permukaan terluar granulanya, sehingga terjadi pengurangan ukuran granula namun berat molekul granula patinya tetap; sedangkan genotif yang dibudidaya di daratan tinggi mengalami depolimerisasi di seluruh granulanya, sehingga berat molekulnya berkurang dan kerusakan yang ditimbulkan selama gelatinasi lebih ekstensif dan pembentukan lapisan tipis di sekitar bubbles dari uap

air menyebabkan ekspansi pada adonan sehingga lebih berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku roti bebas gluten.

Hasil penelitian Pereira, et al (2016) yang mengamati karakteristik limbah cair pati ubikayu fermentasi berdasarkan degradasi struktural granula pati, diketahui bahwa granula pati ubikayu umumnya memiliki karakteristik yang sama, namun kondisi dan waktu panen akan mempengaruhi karakteristik granulanya. Perbedaan karakteristik tersebut akan menyebabkan perbedaan kerentanan terhadap enzim selama fermentasi, yang juga akan menyebabkan perbedaan karakteristik partikel terlarut dan padatan tersuspensi di dalam media cair fermentasi. Granula pati ubikayu ukurannya homogen dan tidak ada lobang, sedangkan granula pati tapioka fermentasi berlubang yang disebabkan oleh aktifitas enzim yang memanfaatkan pati sebagai substrat untuk produksi gula, khususnya selama tahap awal fermentasi. Kandungan partikel terlarut dan padatan tidak larut dari limbah cair fermentasi menunjukkan hasil dari degradasi fermentatif granula, juga beberapa material hasil dari pertumbuhan mikroorganisme.

Gomez, et al, (2016) menyatakan bahwa fermentasi merupakan suatu metoda yang digunakan untuk mengubah struktur pati ubikayu dan terjadi dalam 3 tahap: pertama berhubungan dengan berkurangnya konsentrasi oksigen dalam lingkungan tersebut; pada tahap ini terjadi serangan enzim amilolitik pada granula pati, menghasilkan sumber karbon untuk metabolisme. Pada tahap kedua, dibutuhkan lebih banyak mikroorganisme, dihasilkannya asam dan gas; tahap ini merupakan tahap kritis untuk menghasilkan produk pati fermentasi dengan kualitas yang baik. Di tahap ketiga, mikroorganisme saprofit dan kontaminan yang mengkonsumsi asam-asam organik dipermukkan, menyebabkan pati ubikayu fermentasi bewarna putih. Dari hasil analisis transformasi fisikokimia untuk 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 hari fermentasi alami/spontan dan dijemur-kering matahari diketahui bahwa setelah 15 hari fermentasi, akan terbentuk pori-pori kecil dipermukaan pati yang diakibatkan oleh aktifitas bakteri, setelah 30 hari, serangannya bersifat selektif di beberapa bagian granula pati berupa lubang-lubang yang menandakan hilangnya beberapa bagian dari granula. Setelah 45 hari, terlihat serangannya lebih spesifik yang menyebabkan bagian internal granula pati terbuka dan terjadi peningkatan jumlah bakteri. Setelah hari ke 60 dan 90, granula pati hasil fermentasi memiliki pola yang sama. Selama fermentasi, hanya sebagian kecil pati yang dimanfaatkan untuk konsumsi bakteri, sehingga beberapa granula pati menunjukkan kerusakan morfologi, tapi keteraturan struktur internalnya tetap terjaga. Penataan ulang kristalin yang terdiri dari amilosa dan amilopektin akan mempengaruhi pembentukan gel pati-air sehingga mengurangi nilai viskositasnya.

Analisis karakter fisikokimia digabungkan dengan analisis sifat pasta yang dilakukan Rebouças, et al, (2016) pada proses fermentasi alami dengan tujuan menstandarisasi dan meningkatkan teknologi proses produksi pati ubikayu fermentasi menyimpulkan bahwa diantara asam-asam organik, hanya asam asetat, asam laktat dan asam suksinat yang diproduksi selama proses fermentasi dan proses jemur matahari. Kandungan asam asetat di pati ubikayu fermentasi mencapai 40% yang mampu mencegah kontaminasi mikroorganisme pembusuk selama fermentasi alami. Sifat pastanya dibandingkan dengan pati ubikayu adalah viskositas lebih rendah pada suhu yang lebih tinggi, stabilitas agitasi lebih rendah dan kecenderungan retrodegradasinya lebih rendah, sedangkan untuk indeks absorpsi airnya (parameter pengukuran derajat degradasi pati) yang dilakukan pada suhu 30 oC dimana pati tidak akan mengembang karena energi minimum yang dibutuhkan untuk proses gelasi tidak tercapai, menunjukkan tidak ada perbedaan antara pati tapioka alami dan pati tapioka fermentasi. Hidrolisis ikatan glikosida di daerah amorph granula oleh asam, enzim dan irradiasi ultraviolet menyebabkan peningkatan mobilitas dan heterogenitas yang lebih tinggi pada molekul hidrogen, yang menyebabkan kemampuan ekspansi ketika di panggang.

Diaz, A., et al., (2018) melakukan analisa mengenai pengaruh metoda fermentasi (alami dan penambahan inokulum dari fasa cair produk fermentasi alami) dan metoda pengeringan (oven dan jemur-kering matahari) terhadap karakteristik fisikokimia pati fermentasi ubikayu dan fitur-fitur yang membedakannya. Proses fermentasi menggunakan bahan baku ubikayu basah setelah ekstraksi dan ubikayu

kering komersial. Hasil kajiannya menyatakan bahwa metoda fermentasi dan metoda pengeringan mempengaruhi karakteristik produk. Penggunaan starter tidak memberikan hasil yang sama dengan fermentasi alami yang menggunakan pati ubikayu basah, yang diindikasikan dengan lonjakan proliferasi mikroorganisme yang terlibat selama fermentasi alami dan tersedianya nutrisi pada awal proses fermentasi. Proses fermentasi mempengaruhi parameter rheologi pasta tergelatinasi untuk viskositas, consistency index dan flow behavior yang lebih rendah dibandingkan pati ubikayu alami, yang disebabkan hidrolisis molekul utama pati, khususnya pada rantai pendek amilopektin, yang diakibatkan oleh aksi amilase dan hidrolisis oleh asam-asam organik selama proses fermentasi, sedangkan perlakuan jemur-kering matahari mampu meningkatkan kecenderungan retrodegradasi pati, mengurangi kandungan asam organik produk.

Peningkatan Unjuk Kerja Proses Fermentasi. Fermentasi adalah proses metabolik dimana karbohidrat dan senyawa lainnya teroksidasi dengan melepaskan energi tanpa aseptor elektron eksternal. Fermentasi ubikayu alami terjadi tanpa penambahan inokulum atau suplemen nutrisi dan pati ubikayu adalah satu-satunya substrat yang digunakan pada proses ini. Pengaruh waktu fermentasi terhadap sifat pastanya telah di kaji oleh Adegunwa, Sanni and Maziya-Dixon, (2011). Pengujian waktu fermentasi dilakukan terhadap enam varietas ubikayu di Nigeria sebagai bahan baku. Dari hasil pengujian diketahui bahwa suhu pasta pati ubikayu fermentasi sedikit lebih rendah dibandingkan dengan pati alami. Ini disebabkan karena konversi pati menjadi gula sederhana hasil metabolisme mikroorganisme, sehingga mengurangi kestabilan struktur material pati. Waktu fermentasi akan mengurangi kekuatan dan kestabilan pasta pati ubikayu fermentasi. Sedangkan pengamatan nilai pH dan total asam pada pati ubikayu fermentasi fermentasi selama 25 hari, nilai pH makin menurun sedangkan total asamnya makin meningkat. Penurunan nilai pH selama proses fermentasi disebabkan produksi asam oleh bakteri asam laktat. Pergeseran nilai pH berhubungan dengan makin meningkatnya nilai total asam karena produksi asam-asam organik, umumnya asam laktat dan sejumlah asam asetat.

Saat fermentasi diketahui bahwa minimnya substrat yang ada di granula pati karena, selama proses ekstraksi pati alami, senyawa-senyawa terlarut dalam air seperti vitamin dan senyawa nitrogen telah dipisahkan. Tidak adanya nutrisi merupakan faktor kritis dalam proses fermentasi yang mempengaruhi kualitas fungsional pati ubikayu fermentasi; selain itu, waktu fermentasi yang lama dibutuhkan untuk produksi awal oligosakarida dan senyawa-senyawa nitrogen dengan bakteri amilolitik dan menghasilkan pengaruh yang sinergis untuk floriferasi bakteri asam laktat. de Sena Aquino *et al.*, (2013) memberikan rekomendasi standarisasi yang digunakan pada proses produksi pati fermentasi dalam upaya untuk mengurangi waktu fermentasi dengan penambahan glukosa. Dengan melakukan pengamatan untuk fasa cair fermentasi, konsentrasi awal total solid yang lebih tinggi untuk metoda fermentasi termodifikasi (penambahan glukosa di awal fermentasi), namun selama proses fermentasi glukosa yang ditambahkan akan digunakan sebagai substrat oleh mikroorganisme dan terjadi penurunan konsentrasi hingga stabil di hari ke 30. Sedangkan untuk proses fermentasi alami, hanya terjadi peningkatan total solid yang sedikit sekali. Perubahan yang signifikan untuk total solid hanya terjadi hingga di hari ke 61 pada fermentasi alami, dan 48 hari pada fermentasi termodifikasi), selanjutnya, total solid teramati tetap konstan hingga di hari terakhir fermentasi. Sedangkan untuk nilai ekspansi hasil pati ubikayu fermentasi dengan metoda tradisional di hari ke 32 hingga hari ke 74, tidak berbeda dengan nilai ekspansi dari pati ubikayu fermentasi komersial, sedangkan pada metoda fermentasi termodifikasi, laju ekspansi tertinggi terjadi pada waktu fermentasi 19 hari yang nilai ekspansinya lebih tinggi dibandingkan pati ubikayu fermentasi komersial.

Berdasarkan keterangan tersebut di atas, Figueroa J.A., Cadena E.M., Rincón C.C., (2018) melaporkan hasil kajiannya mengenai pengaruh modifikasi proses dengan penambahan glukosa dan yeast ekstrak ke dalam media fermentasi dengan variasi perbandingan solid/liquid terhadap sifat fisikokimia selama proses fermentasi dan sifat ekspansi produk yang dihasilkan. Dari hasil pengamatan diperoleh informasi bahwa, fermentasi dengan penambahan substrat glukosa dan ekstrak yeast memberikan nilai total asam yang lebih

tinggi, ditandai dengan penurunan nilai pH. Sumber karbon dan sumber nitrogen yang ditambahkan pada awal fermentasi berkontribusi pada peningkatan produksi berbagai asam organik. Waktu fermentasi dan perbandingan solid/liquid mempunyai pengaruh yang signifikan karena terjadi peningkatan daerah amorph selama degradasi rantai polimer oleh microbiota amilolitik yang ada dalam media yang diamati. Proses yang dilakukan dengan perbandingan solid/liquid 1:1 adalah perlakuan terbaik yang secara signifikan mempengaruhi karakteristik struktur dan sifat filling, yang berhubungan dengan peningkatan sifat ekspansi granula pati terfermentasi.

Selain penambahan glukosa, penambahan glukosa dan ekstrak yeast, metoda lain yang dilakukan untuk meningkatkan efektifitas waktu fermentasi adalah pemilihan kultur starter. Penido, et.al., (2018) menyatakan kompleksitas dan range yang luas untuk microbiota fermentasi alami ubikayu merupakan faktor utama yang menyebabkan masalah homogenitas dan kualitas produk yang rendah. Penggunaan strain tertentu merupakan alternatif penting karena akan mengurangi variasi dari kandungan kimia, mempersingkat waktu fermentasi, yield yang lebih tinggi dan kualitas sensorik yang lebih baik. Di antara bakteri asam laktat yang sering ditemukan dalam fermentasi ubikayu tradisional, adalah *L. brevis* dan *L. plantarum*. Sedangkan bakteri asam laktat utama yang ditemukan pada fermentasi pati ubikayu adalah *L. plantarum* dan *L. fermentum*. Sedangkan *L. brevis* diisolasi dalam jumlah lebih sedikit. Mikrobiota dari ubikayu fermentasi berbeda berdasarkan lokasi budidaya dari bahan baku, peralatan dan operator produksi. Spesies yeast yang umumnya dapat diisolasi dari fermentasi alami ubikayu adalah *P. scutulata*, *K. exigua*, *C. humilis*, *G. fragrans* dan *C. ethanolica*, sedangkan dari fermentasi pati ubikayu *Pichia sp*, genus yang sebelumnya dikenal sebagai *Issatchenkia sp*; selain itu, *C. humilis* dan *C. ethanolica* juga terisolasi. Satu spesies dari genus *Pichia* dan dua spesies dari genus *Candida* diisolasi, menunjukkan bahwa spesies dari golongan ini dapat tumbuh dalam kondisi asam selama proses fermentasi ubikayu. *L. plantarum* menunjukkan performa yang lebih baik sebagai kultur starter untuk produksi pati ubikayu fermentasi pada proses fermentasi skala pilot dengan waktu fermentasi selama 28 hari. Pati ubikayu yang diproduksi dengan menggunakan strain ini diketahui memiliki nilai total asam tertinggi ketika dibandingkan dengan kultur starter lainnya; pH dan kemampuan ekspansi tidak berbeda dari nilai yang diperoleh dari pengamatan produk pati ubikayu fermentasi komersial, selain itu tidak terbukti adanya mikroba patogen pada produk yang dihasilkan.

Standarisasi proses fermentasi pada produksi pati ubikayu fermentasi bertujuan untuk menyeragamkan kompleksitas mikrobiota yang terlibat dalam proses fermentasi serta meningkatkan kualitas dan homogenitas produk yang dihasilkan dan potensi peningkatan kualitas nutrisinya (Penido, et.al., 2018). Upaya yang dilakukan oleh Penido, et al., (2019) adalah dengan inokulasi kultur tunggal bakteri asam laktat (*Lactobacillus plantarum*) dan inokulasi co-kultur dengan yeast (*Pichia scutulata*), karena diketahui bahwa yeast berkontribusi meningkatkan karakteristik sensorik dari produk fermentasi melalui sintesa aneka senyawa volatile. Menurut hasil pengamatan untuk nilai asam, terjadi peningkatan secara gradual hingga hari ke 21 fermentasi yang dilakukan pada skala pilot plant, tanpa ada perbedaan antara kultur tunggal dan cokultur (sehingga waktu panen ditentukan pada hari ke 21). Kedua kultur starter (*L. plantarum* dan *P. scutulata*) sangat potensial untuk dimanfaatkan pada proses produksi pati ubikayu fermentasi karena nilai total asam dan kemampuan ekspansinya tidak berbeda. Hasil lainnya adalah tidak ditemukannya *Salmonella spp*, sehingga produk dari kedua metoda fermentasi tersebut cocok untuk dikonsumsi manusia.

Penido,et.al., (2018) juga menyimpulkan bahwa peningkatan kandungan mono dan *polyunsaturated fat* agregat dengan nilai nutrisi yang lebih tinggi untuk makanan. Asam oleat (omega-9), asam linoleat (omega-6) dan asam linolenat (omega-3) merupakan asam-asam lemak esensial yang berperan penting untuk metabolisme manusia, karena tidak dapat disintesa oleh tubuh manusia. Fermentasi pati ubikayu menggunakan *L. plantarum* dan *L. plantarum* dengan *P. scutulate* mampu meningkatkan proporsi dari ketiga asam tersebut dalam produk akhir. Peningkatan kualitas nutrisi menjadi alasan pemanfaatan kultur starter untuk produksi pati ubikayu fermentasi. Asam palmitat, stearat, oleat, linoleat dan linolenat

teridentifikasi sebagai asam-asam lemak sel dari strain *L. plantarum* dan sebagai metabolit yang dihasilkan oleh isolat dari spesies ini. *Yeast* juga menunjukkan peran penting dalam produksi asam lemak untuk fermentasi ubikayu. Peningkatan lipids secara positif mempengaruhi sifat fisikokimia pangan berpati, seperti pati ubikayu fermentasi. Ini terjadi karena pembentukan kompleks antara fraksi amilosa dari pati dan lipids mempengaruhi pembentukan struktur dan tekstur pangan tersebut. Asam palmitat merupakan satu-satunya asam lemak yang ada dalam bahan baku, dan produk pati ubikayu fermentasi, sedangkan untuk senyawa volatilnya adalah phenol 2,4-Di-tert-butyl phenol yang mempunyai aktifitas anti jamur, anti oksidan dan menunjukkan potensi terhadap pengembangan aditif produk pangan.

KESIMPULAN

Pengaruh yang paling dominan terhadap kualitas produk pati ubikayu fermentasi terjadi selama proses fermentasi. Dari Hasil kajian disimpulkan bahwa standarisasi proses fermentasi dilakukan sebagai upaya untuk melakukan pengendalian proses produksi selama fermentasi, dengan cara melakukan inokulasi starter tunggal bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* dan inokulasi co-kultur yeast *Pichia scutulata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adegunwa, M. O., Sanni, L. O. and Maziya-Dixon, B. (2011) 'Effects of fermentation length and varieties on the pasting properties of sour cassava starch', *African Journal of Biotechnology*. doi: 10.5897/AJB10.1711.
- Alvarado, P.M., Grosmaire, L., Dufour, D., Toro, A.G., Sanchez, T., Calle, F., et al. (2013) 'Combined effect of fermentation, sun-drying and genotype on breadmaking ability of sour cassava starch.', *Carbohydrate Polymers*, 98, pp. 1137–1146.
- Diaz, A., Dini C., Vi a, S.Z., G. M. . (2018) 'Technological properties of sour cassava starches: Effect of fermentation and drying processes.', *LWT – Food Science and Technology*, 93, pp. 116–123.
- Figuerola J.A., Cadena E.M., Rincón C.C., & S. J. . (2018) 'Modification of the fermentation process for sour cassava starch with expansion properties', *Advance Journal of Food Science and Technology*, 16, pp. 55–61.
- Franco, C.M.L., Ogama, C., Rabachini, T., Rocha, T.S., Cereda, M.P., & Jane, J. (2010) 'Effect of lactic acid & UV irradiation on the cassava starch and corn starches.', *Brazilian Archives of Biology and Technology An International Journal*, 53((2)), pp. 443–454.
- Freire, A. L., Ramos, C. L. and Schwan, R. F. (2015) 'Microbiological and chemical parameters during cassava based-substrate fermentation using potential starter cultures of lactic acid bacteria and yeast', *Food Research International*. doi: 10.1016/j.foodres.2015.07.041.
- Garcia M.C., Franco, C.M.L., Soares Junior, M.S., & Caliari, M. (2016) 'Structural characteristics and gelatinization properties of sour cassava starch.', *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 123((2)), pp. 919-926.
- Gomez, L.A., Nino-Lopez, A.M., Romero-Garzon, A.M., Pineda-Gomez, P., del Real-Lopez, A., & Rodriguez-Garcia, M. E. (2016) 'Physicochemical transformation of cassava starch during fermentation for production of sour starch in Colombia.', *Starch*, 68(11–12), pp. 1139-1147.
- Haryadi, H. (2011) 'Teknologi modifikasi tepung kasava', *Agritech*.

- Kustyawati, M.E., Sari, M., Haryati, T. (2013) 'Effect fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* terhadap karakteristik biokimia tapioka.', *Agritech*, 33(3), pp. 281-287.
- Marcon, M.J.A., Kurtz, D.J., Maraschin, M., Reginatto, V., Demiate, I., & Amante, E. R. (2011) 'A simplified method for determination of sour cassava starch expansion property.', *Rev. Inst Adolfo Lutz*, 70(2), pp. 199-205.
- Marcon, M.J.A., Kurtz, D.J., Raguzzoni, J.C., Delgadillo, I., Maraschin, M., Soldi, V., et al. (2009) 'Expansion properties of sour cassava starch (polvilho azedo): variables related to its practical application in Bakery.', *Starch*, 61(12), pp. 716-726.
- Penido, F.C.L., Sande, D., Cosenza, G.P., Martin, B.A., Rosa, C.A., Lacerda I.C.A. (2019) 'Volatile compound and fatty acids present in sour cassava starch produce with the starter cultures *Lactobacillus plantarum* and *Pichia scutulata*.', *Chemical Engineering Transactions*, 75, pp. 373-378.
- Penido, F.C.L., Pilo, F.B., Sandes, S.H.C., Nunes, A.C., Colen, G., Oliveira, E.S, et.al. (2018) 'Selection of starter cultures for the production of sour cassava starch in a pilot-scale fermentation process.', *Brazilian Journal of Microbiology*, 49, pp. 823–831.
- Pereira, J.M., Aquino, A.C.M.S., Oliveira, D.C., Fransisco G.R.A., Barreto, P.L.M., Amante, E.R. (2016) 'Characteristics of cassava starch fermentation wastewater based on structural degradation of starch granules.', *Ciencia Rural*, 46(4), pp. 732-738.
- Putri, W. D. R. *et al.* (2011) 'Effect of biodegradation by Lactic Acid Bacteria on physical properties of cassava starch', *International Food Research Journal*.
- Rebouças, K.H., Gomes L.P., Leite A.MO, Uekane T.M., Rezende, C.M., Tavares M.I.B., et al. (2016) 'Evaluating physicochemical and rheological characteristics and microbial community dynamics during the natural fermentation of cassava starch.', *Journal Food Processing & Technology*, 7(4), ., pp. 578–587.
- Santana, A.L., Meireles, M. A. A. (2014) 'New starches are the trend for industry applications: A review.', *Food and Public Health*, 4(5), pp. 229–241.
- Santelia, D. and Zeeman, S. C. (2011) 'Progress in Arabidopsis starch research and potential biotechnological applications', *Current Opinion in Biotechnology*. doi: 10.1016/j.copbio.2010.11.014.
- Sari, P. . (2012) *Pembuatan tapioka asam dengan fermentasi spontan (Skripsi)*. IPB. Bogor.
- de Sena Aquino, A. C. M. *et al.* (2013) 'Standardisation of the sour cassava starch reduces the processing time by fermentation water monitoring', *International Journal of Food Science and Technology*. doi: 10.1111/ijfs.12167.